Procesarea imaginilor medicale

Ce sunt imaginile digitale şi cum sunt ele memorate?

Ca fiinţe, analizăm curent orice imagine vedem, până la a recunoaşte obiecte sau fiinţe chiar dacă imaginea este incompletă. Mintea omenească este însă incapabilă să facă măsurări pe o imagine, lucru posibil pentru maşină, dacă imaginea este corect achiziţionată şi memorată, mintea omenească şi maşina se completează reciproc.

Imaginea digitală, replica numerică a imaginii optice, poate fi memorată în fişiere cu numeroase formate, fiecare dintre ele adaptate unei anumite utilizări: captură, prelucrare, arhivare, imprimare, publicare în presa scrisă sau pe Internet etc.

Imaginile pot fi împărţite în două categorii:

- imaginile vectoriale (care sunt de fapt fişiere de coordonate din care, de exemplu pleacă şi se termină o linie, sau codul unei culori care umple o anumită suprafaţă) şi
- imaginile matriciale sau hărţi de biţi (bitmap) din care fac parte formatele BMP, JPEG, GIF etc. pe care le vom discuta pentru o mai bună înţelegere a necesităţii existenţei lor.

Imaginile matriciale sunt alcătuite din *pixeli* (contracţie de la PICture ELement). Pixelii pot fi asemuiţi cu plăcile de faianţă de pe un perete. Ca şi acestea din urmă, pixelii sunt dispuşi în rânduri suprapuse pentru a "acoperi" forma imaginii. Cu cât aceeaşi imagine este reprezentată pe mai mulţi pixeli cu atât claritatea ei creşte. Monitoarele curente folosesc 72 pixeli/inch. Imaginile pot fi alb-negru sau color:

- pentru imaginile alb-negru şi în tonuri de gri, deoarece ochiul uman nu poate distinge mai mult de 200 nuanţe de gri, s-a considerat că 256 (2 la puterea 8) este cel mai apropiat număr care satisface aceasta situaţie, de aceea, imaginile alb-negru sunt codificate cu 8 biţi pentru fiecare pixel; există însă şi imagini 16-bit (cu un cod de 16 biţi pentru fiecare pixel) sau 32-bit (cu un cod de 16 biţi pentru fiecare pixel).
- pentru imaginile color s-a păstrat numărul de 256 de nuanţe pentru fiecare din cele 3 culori de bază: roşu, verde, albastru. Prin combinarea celor 3 rezultă o imagine numită RGB (abrevierea de la Red, Green, Blue), codificată pe 3 bytes (3 X 1 byte (8 biţi) = 24 biţi) care generează peste 16 milioane de culori (mult mai mult decât percepe ochiul uman).

  Vom detalia puţin câteva din cele mai uzuale formate:

  - .BMP harta de biţi (Bitmap) reprezintă forma brută a unei imagini, adică fiecare pixel ce compune imaginea este memorat individual (format foarte bun pentru procesarea de imagini). Spre exemplu o poză de 800 X 600 pixeli va fi memorată pe 800 X 600 X 24 biţi = 11 520 000 biţi (~11 Mb = ~1.37MB), indiferent de informaţia care se află în interiorul pozei. Pornind de la acest inconvenient (dimensiunea foarte mare pe disc) a apărut necesitatea dezvoltării formatelor ce comprimă memorarea imaginii (încercând în acelaşi timp să se păstreze cât mai multă informaţie din imaginea originală). Vom discuta acum 2 din cele mai uzuale formate de comprimare.
  - .GIF (Graphic Interchange Format) este un format foarte puternic (calitate bună, comprimare foarte puternică), dar are dezavantajul de a memora o paletă de numai 256 culori (8 biţi). Cu alte cuvinte memorează o paletă la fel de mare ca imaginea alb-negru (ca să ne dăm seama de rata de compresie). Ca ordin de mărime aceeaşi imagine de 800 X 600 ar avea o dimensiune maximă de ordinul KB. Răspunsul la întrebarea "Când ar trebui să folosesc .GIF?" va fi: atunci când imaginea color(RGB) foloseşte din paleta sa de peste 16 milioane de culori un număr cât mai mic (ţinta fiind 256). O altă utilizare ar putea fi la imaginile de mici dimensiuni (ţinta ar fi imaginile la care lungime X lătimea nu depăşeşte 256 pixeli).
  - .JPEG (Joint Photographic Expert Group) este un algoritm de compresie care a fost destinat comprimării imaginilor alb-negru sau color luate din realitate. Algoritmul de comprimare se bazează pe sensibilitatea crescută a ochiului uman la variaţiile mici de luminanţă (mai mulţi biţi pentru luminanţă) si sensibilitatea mai redusă la variaţiile mici de culoare (mai puţini biţi pentru variaţiile mici de culoare). O proprietate foarte utilă a JPEG-ului este capacitatea acestuia de a avea un grad variabil de comprimare, ales de utilizator. Aceasta înseamnă că dacă dorim obţinerea unui fişier de imagine cât mai mic, se poate alege o rată mare de comprimare, în dauna calităţii; invers, pentru a menţine calitatea la o cota ridicată, alegem un grad redus de comprimare. "Când ar trebui să folosesc

.JPG?." De cate ori avem de-a face cu o imagine din realitate sau de câte ori dorim să stabilim noi gradul de comprimare al imaginii.

- DICOM. Fişierele DICOM, folosite pentru memorarea imaginilor medicale, conţin pe lângă imagine în sine metadate care oferă informaţii despre imagine (mărime, dimensiuni, adâncime, modalitatea folosită, setări ale echipamentului, etc.). Pentru citirea acestor informaţii se foloseşte de exemplu funcţia *dicominfo* din MATLAB.

De ce să modificăm o imagine?

Procesul de achiziţie al imaginilor este laborios. Există sute, până la milioane de senzori optici care transformă lumina în curent electric şi apoi în biţi. Toate aceste procese, pe lângă caracteristicele senzorului (uneori precare) şi erori ce nu ţin de achiziţia propriu-zisă, cum ar fi optica aparatului, duc la deformarea imaginilor şi mai mult, la adăugarea de zgomot. Prin modificările pe care le facem asupra unei imagini acoperim, pe cât se poate, aceste neajunsuri, imaginea rezultată fiind gata pentru prelucrări ulterioare.

Ce vom urmări în lucrarea noastră practică?

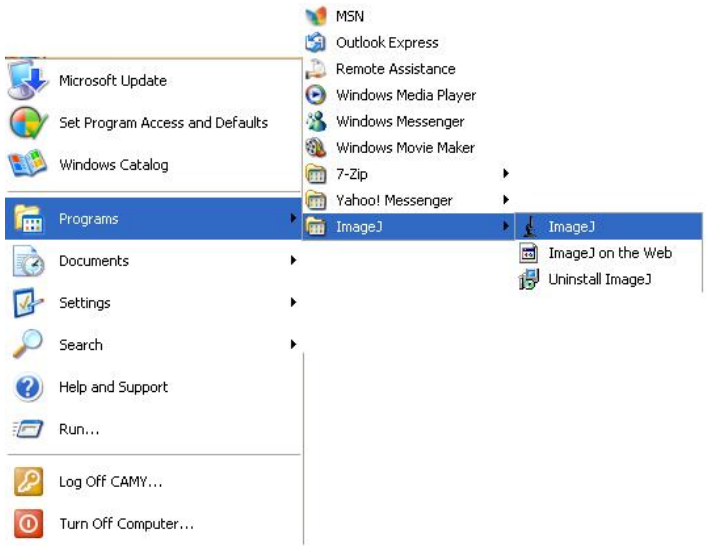
În cursul acestei lucrări practice vom învăţa să procesăm imagini în programul ImageJ, să le transformăm din imagini colorate în imagini în tonuri de gri (pentru o reprezentare mai simplă şi o înţelegere mai bună a conceptelor), să ajustăm intensitatea unei imagini (pentru o vizualizare mai bună), să filtrăm o imagine (pentru a reduce, pe cât posibil, zgomotul) şi în final să realizăm câteva operaţii morfologice, care vor pregăti imaginea pentru eventuale măsurători şi/sau alte extrageri de informaţie.

ImageJ este un program de procesare şi analiză de imagini. Este capabil să afişeze imagini de tip 8-bit, 16-bit, 32-bit, şi poate executa editări, analize, măsurători suplimentare, salvări, listări. Poate interpreta diverse formate de imagini: TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM etc. O facilitate importantă este capacitatea de a crea „stive" de imagini care partajează o singură fereastră de afişare. Poate realiza diverse calcule statistice pentru anumite zone selectate de utilizator sau pentru întreaga imagine. Poate măsura distanţe şi unghiuri. Permite diverse procesări standard: netezire (*smooth*), detecţia contururilor, filtrare mediană etc. Permite totodată realizarea transformărilor geometrice - cum ar fi scalarea, rotirea, răsturnarea (*flip*). Imaginile pot fi mărite de până la 32 de ori. Fiecare imagine este deschisă într-o fereastră separată, iar numărul limită de ferestre este determinat doar de memoria disponibilă.

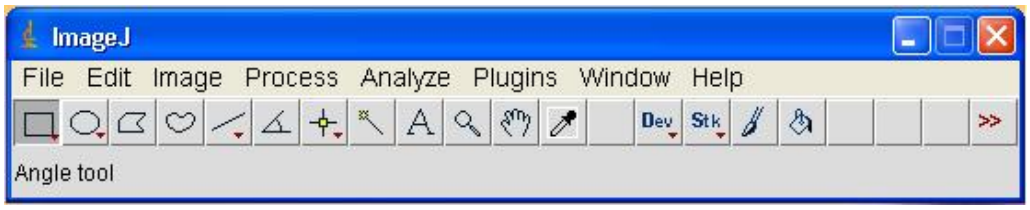
ImageJ este un program cu o arhitectură „deschisă" – fiind extins prin adăugarea plugin-urilor.

Interfaţa utilizator

Lansarea programului in executie se realizeaza prin comanda: Start -> Programs -> ImageJ -> ImageJ.



Apare urmatoarea fereastră de dialog:



Spre deosebire de majoritatea programelor de procesare de imagini, ImageJ nu are propriu-zis o zonă de lucru principală. Fereastra principală conţine doar meniul cuprinzând totalitatea comenzilor şi câteva toolbar-uri. Toate imaginile deschise cu ImageJ sunt afişate in ferestre separate, la fel şi histogramele, meniurile adiţionale de tip pop-up sau ferestrele de configurare. Rezultatele măsurătorilor efectuate asupra unei imagini sunt afişate în Tabelul Rezultatelor. Majoritatea ferestrelor adiţionale pot fi redimensionate şi mutate în diverse locuri pe ecran.

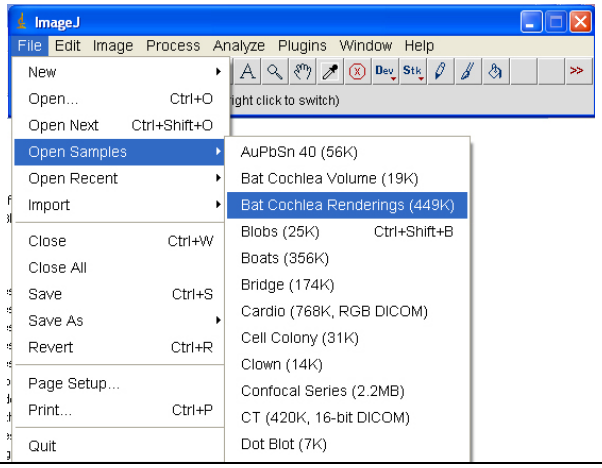
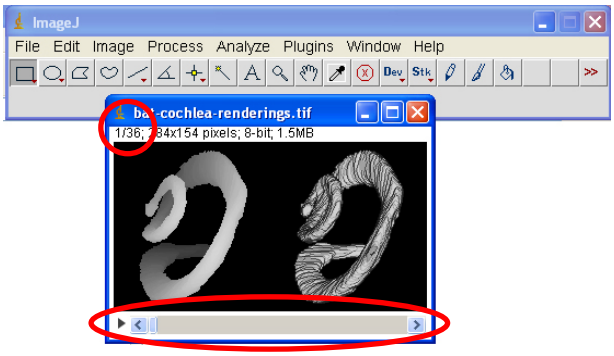
1 Selecţie rectangulara (cu sau fără colturi rotunjite) (click dreapta pentru a defini tipul selecţiei) 2 Selecţie ovala, eliptica sau de tip *brush* (click dreapta pentru a defini tipul selecţiei) 3 Selecţie tip poligon 4 Selecţie liberă 5 Linie dreapta, segmentata, segment oarecare sau săgeţi (click dreapta pentru a defini tipul selecţiei) 6 Unghi	7 Selecţie tip punct sau multi-punct Tool 8 Bagheta magica 9 Text 10 Lupa (se pot folosi şi tastele „+” şi „-”) 11 Scroll 12 Selecţie culoare A–H Macro-uri (se încarcă din StartupMacros.txt, macros/tools/ or macros/toolsets/ 13 Alege alt macro sau adaugă un plugin

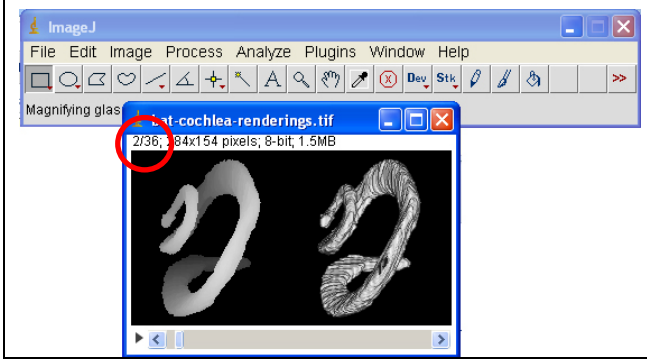
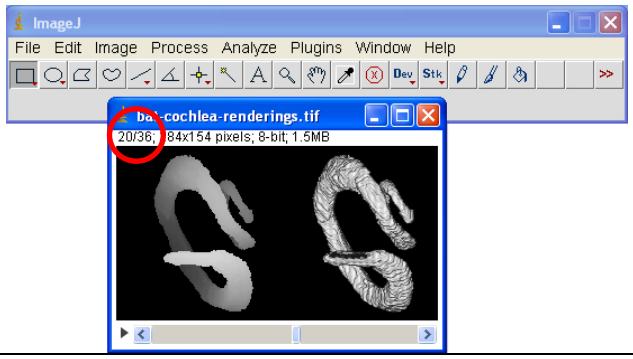
Imaginile utilizate în cadrul acestui laborator se găsesc în folderul:

C:\Kit\Studenti\Informatica Medicala\10.imagistica – ImageJ\Imagini LP

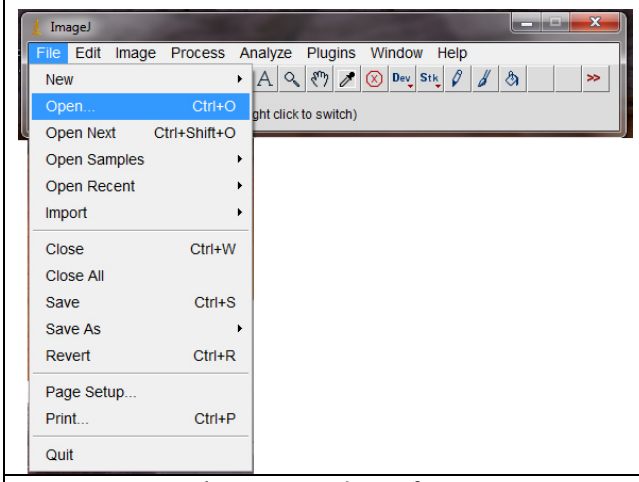
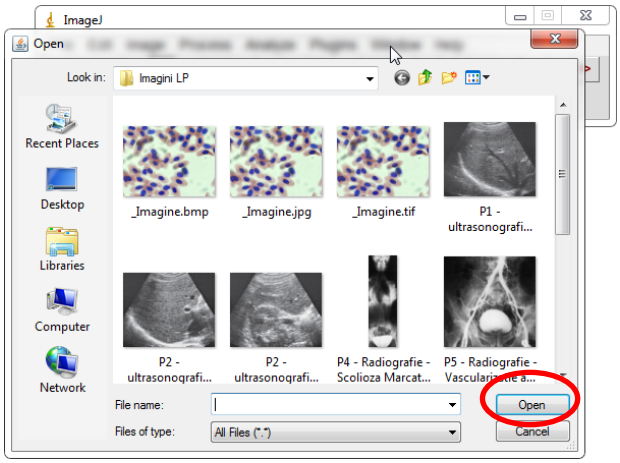
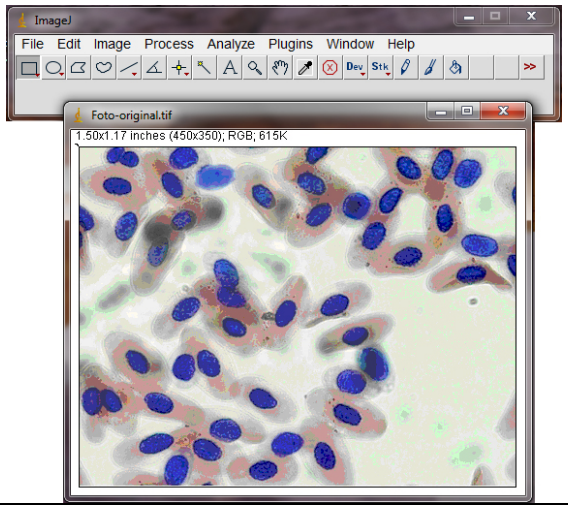
Tipuri de imagini în ImageJ

Programul ImageJ poate afişa fie imagini individuale, fie multiple imagini interconectate spaţial sau temporal în cadrul aceleiaşi ferestre. Aceste seturi de imagini poartă numele de „stive”. Pentru exemplificare, se pot deschide imagini incluse în setul demo al programului sau din alte surse.

1. Comanda de deschidere a imaginilor incluse in setul demo al programului: *File -> Open Samples*. Se alege <<Bat Cochlea Renderings>>.	2. Se deschide setul corespunzător de imagini într-o noua fereastră. În partea de sus a acesteia se pot observa: numărul imaginii curente şi numărul total de imagini din set, rezoluţia, tipul şi dimensiunea imaginii curente. Schimbarea imaginii curente se realizează folosind bara de derulare (scroll) din partea de jos a ferestrei.
	

3. Numărul imaginii curente este afişat în permanenţă în colţul din stânga sus al ferestrei.	4. Numărul imaginii curente este afişat în permanenţă în colţul din stânga sus al ferestrei.
	

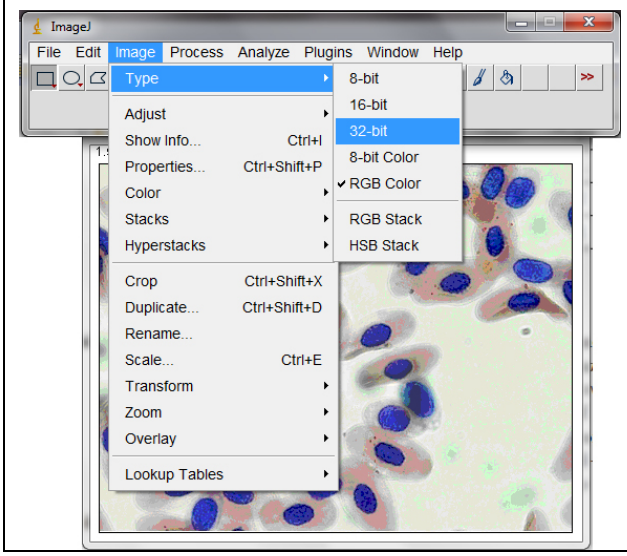
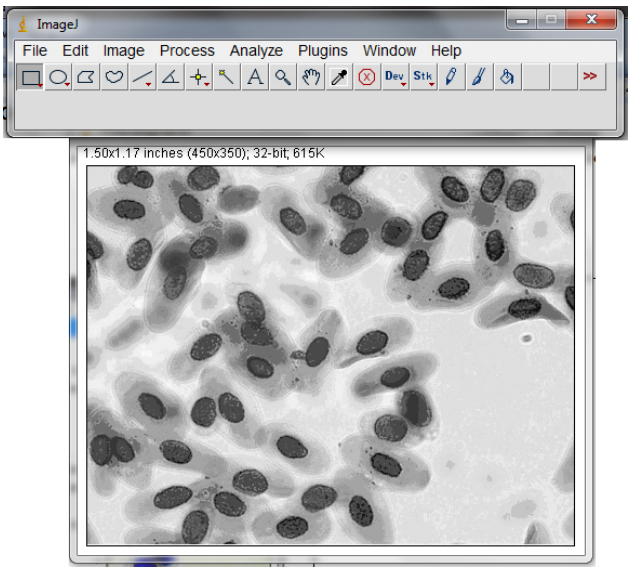
Deschiderea unei imagini alese de utilizator se realizează utilizând comanda: *File -> Open*.
Ca rezultat, o nouă fereastră adiţională se va deschide şi va afişata imaginea dorită.

1. Comanda de deschidere a imaginilor alese de utilizator: *File -> Open*.	2. Apare o fereastră de dialog din care se poate selecta imaginea dorită. Ulterior, se apasă butonul *Open*.
	
3. Imaginea selectată apare într-o fereastră separată.	
	

Trecerea la o imagine în tonuri de gri

Atunci când utilizatorul doreşte să aplice diverse tehnici de procesare pentru care culoarea reprezintă o informaţie prea puţin relevantă (de ex. determinarea contururilor unei imagini), se poate realiza în prealabil o trecere la o imagine în tonuri de gri (se realizează astfel simplificarea codificării imaginii, dar şi accesul la o paletă mai largă de tehnici de procesare).

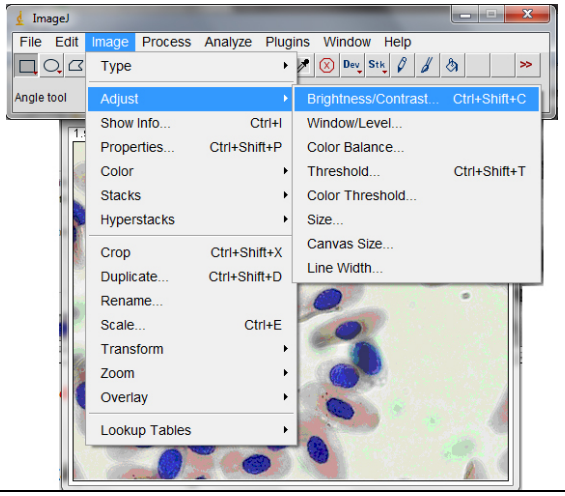
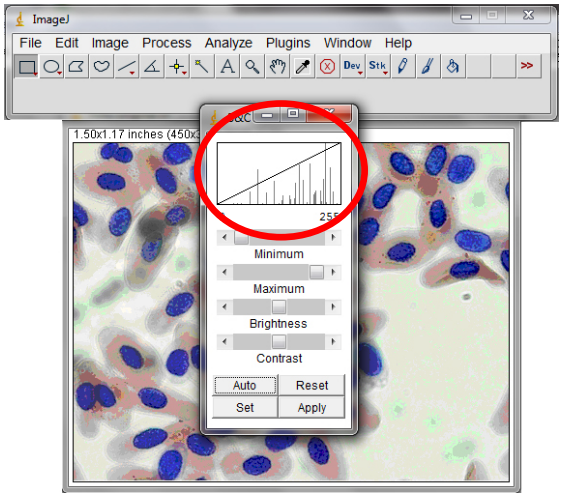
Acest lucru se realizează astfel: *Image -> Type -> 32-bit.*

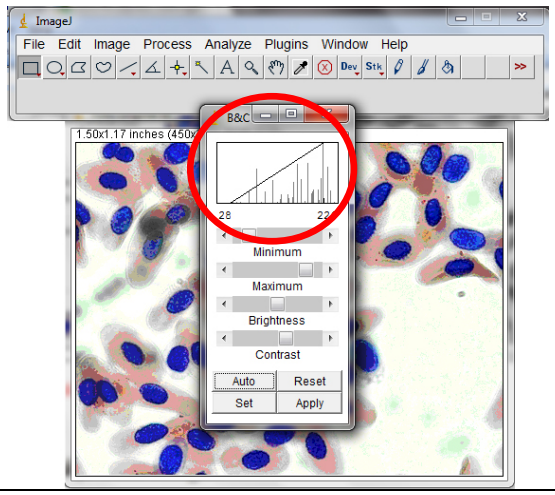
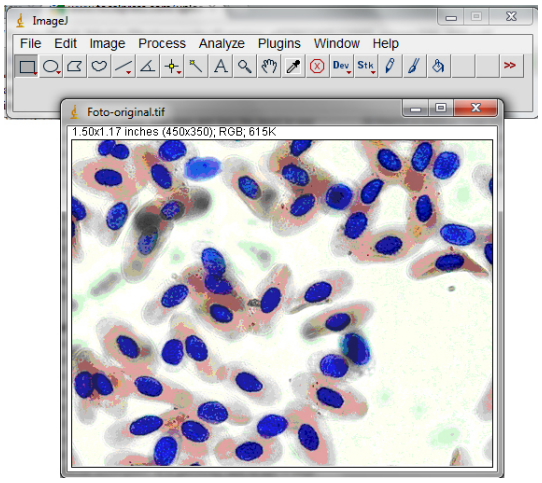
1. Comanda de convertire a unei imagini în tonuri de gri: *Image -> Type -> 32-bit.*	2. Imaginea rezultată în urma trecerii la tonuri de gri.
	

Ajustarea intensităţii unei imagini

Contrastul şi luminozitatea unei imagini se pot modifica astfel: *Image -> Adjust -> Brightness/Contrast.*

Se va deschide o fereastră de dialog adiţională ce va permite modificarea parametrilor. Imaginea deschisă şi graficul din partea de sus a ferestrei de dialog vor reflecta în timp real modificările efectuate asupra parametrilor. La final, se apasă butonul *Apply*.

1. Comanda de modificare a contrastului şi luminozităţii unei imagini: *Image -> Adjust -> Brightness/Contrast.*	2. Apare o fereastră de dialog care reflectă valoarea celor doi parametri, precum şi raportul dintre aceştia.
	

3. Modificaţi valorile prin acţiunea asupra elementelor de derulare (scroll). Raportul dintre contrast şi luminozitate este reflectat mereu în graficul evidenţiat mai jos. La final, se apasă butonul *Apply*. 	4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală. 

Filtrarea imaginilor

Unele imagini sunt zgomotoase. Imaginile numerice sunt susceptibile la diverse tipuri de zgomot. Zgomotul este rezultatul erorilor în achiziţia iniţială a imaginii, al căror rezultat sunt valori ale pixelilor care nu reflectă intensitatea din imaginea adevărată. Zgomotul poate apărea în imagine în mai multe feluri depinzând de cum este creată imaginea. Dacă imaginea este scanată dintr-o fotografie, granulaţia filmului sau hârtiei fotografice este o sursă de zgomot. Dacă imaginea este achiziţionată direct, de exemplu cu un aparat foto digital, mecanismul de achiziţie (senzorul CCD) poate introduce zgomot în imagine. Transmisia electronică a imaginii poate ea însăşi să introducă zgomot. Reducerea zgomotului sau favorizarea unor anumite componente ale imaginii se fac prin operaţia de filtrare. Filtrarea este o tehnică de modificare sau îmbunătăţire a imaginii, pentru a favoriza anumite componente sau pentru a elimina alte componente.

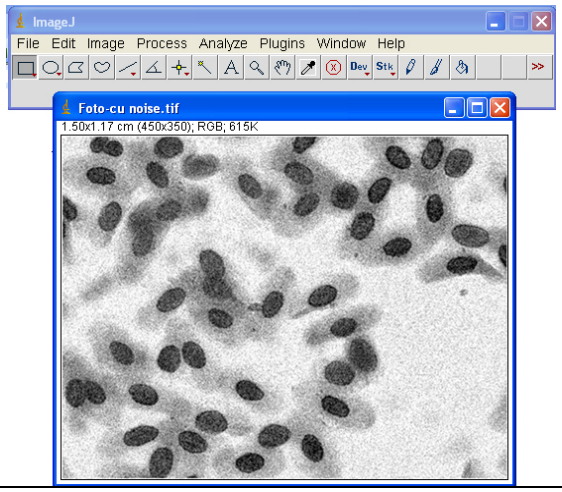
Zgomotul unei imagini este redus prin înlocuirea valorii fiecărui pixel cu mediana valorilor pixelilor învecinaţi (se consideră o vecinătate circulară, identificată prin rază). În cazul unui set de date, mediana reprezintă valoarea numerică ce separă întregul set în două jumătăţi: inferioară (valori < valoarea mediană) şi superioară (valori > valoarea mediană). Mediana unui set finit de date poate fi obţinută ordonând crescător elementele din set şi alegându-l pe cel de la mijloc. Dacă setul conţine un număr impar de elemente, atunci există o unică valoare de mijloc. Dacă setul conţine un număr par, atunci valoarea mediană reprezintă media aritmetică a celor două elemente de la mijloc.

Ex.	1	2	**3**	4	5		-> Valoarea mediană este 3
	1	2	**3**	**4**	5	6	-> Valoarea mediană este 3.5

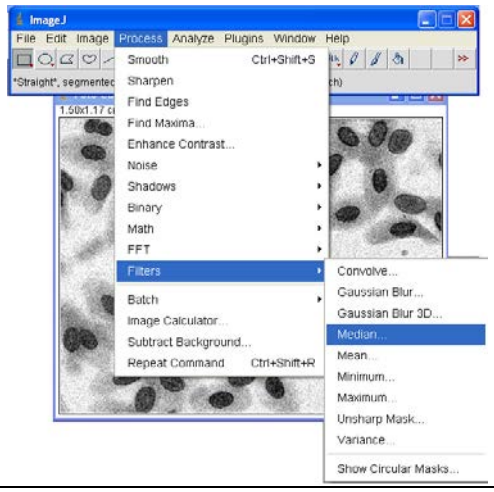
Filtrarea prin determinarea medianei este totodată o tehnică de netezire a imaginii (aşa cum este, de exemplu, filtrarea liniară Gaussiană). Toate tehnicile de netezire a imaginilor sunt eficiente în ceea ce priveşte eliminarea zgomotului, dar prezintă dezavantajul de a afecta contururile obiectelor incluse în acea imagine. Contururile sunt elemente critice în cadrul unei imagini, astfel că este foarte important să eliminăm zgomotul şi să le păstrăm pe cât posibil neafectate. Pentru un nivel moderat de zgomot, mediana reprezintă modalitatea ideală de a înlătura zgomotul, conservând contururile, de aceea este o tehnică des utilizată în procesarea imaginilor.

Filtrarea unei imagini se realizează astfel: *Process -> Filters -> Median*.

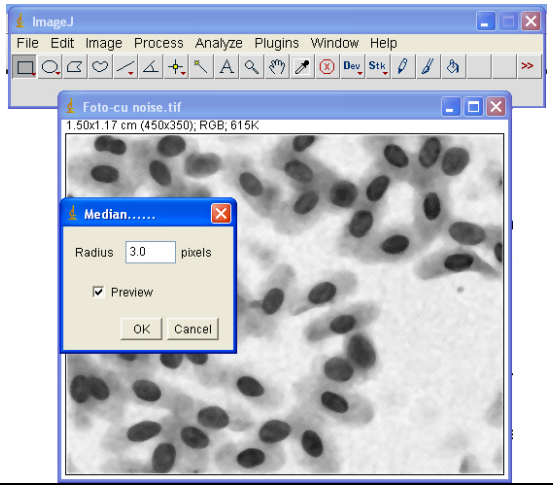
1. Se deschide o imagine care prezintă zgomot (observaţi aspectul acesteia).



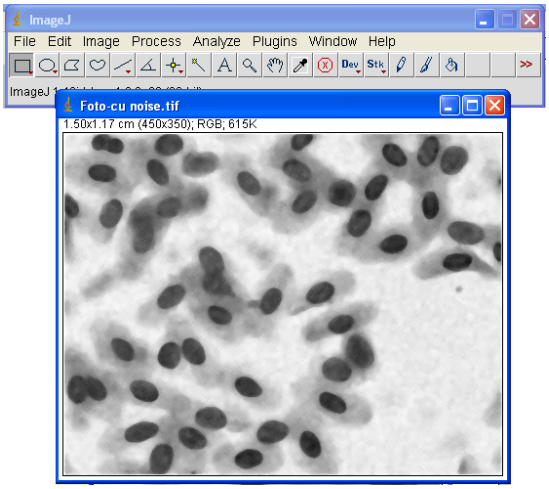
2. Comanda de filtrare a unei imagini: *Process -> Filters -> Median.*



3. Apare o fereastră de dialog în care se solicită introducerea razei vecinătăţii pixelilor care intră în calculul medianei. Dacă check-box-ul <<Preview>> este bifat, atunci orice modificare a razei este vizibilă în timp real în imaginea deschisă. La final, se apasă butonul *OK*.



4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală.

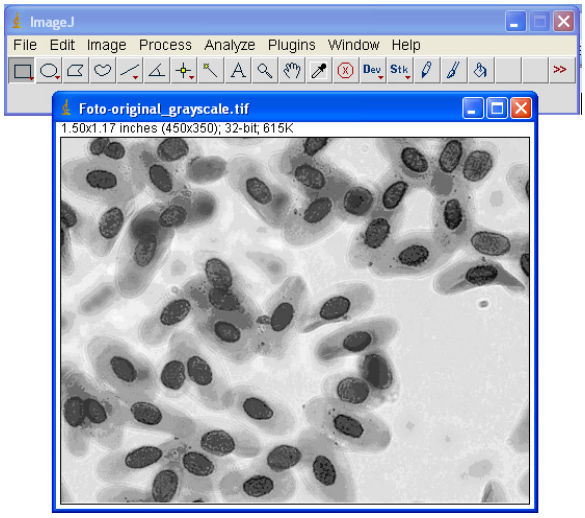


Operaţii morfologice

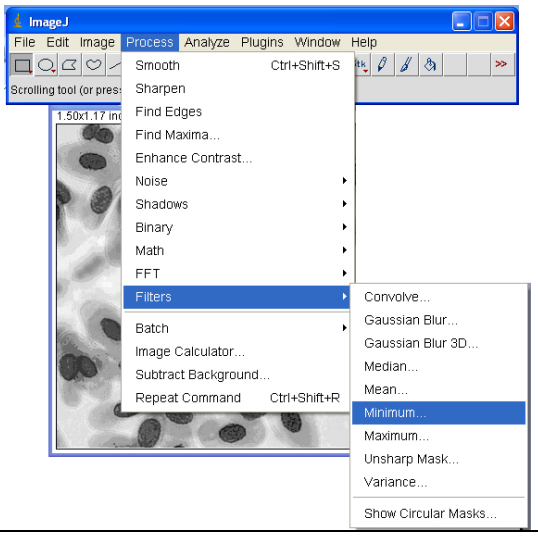
Procesarea morfologică a imaginii este o tehnică utilizată pentru extragerea sau modificarea informaţiei referitoare la forma şi structura obiectelor dintr-o imagine. Operatorii morfologici, cum ar fi dilatarea sau eroziunea, sunt utili în particular pentru analiza imaginilor binare, deşi utilizarea lor poate fi extinsă şi pentru analiza imaginilor în tonuri de gri sau color. În cadrul operaţiei de eroziune, fiecare pixel al obiectului care atinge un pixel al fundalului se schimbă într-un pixel din fundal. În cadrul operaţiei de dilatare, fiecare pixel din fundal care atinge un pixel dintr-un obiect este schimbat într-un pixel din obiect. Graniţa aceasta este stabilită cu ajutorul pixelilor învecinaţi (se consideră o vecinătate circulară, identificată prin rază).

Aplicarea operatorului morfologic eroziune se realizează astfel: *Process -> Filters -> Minimum.*

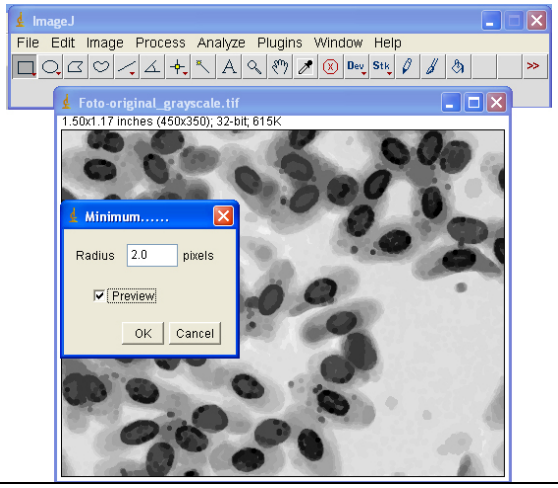
1. Se deschide o imagine (observaţi aspectul acesteia).



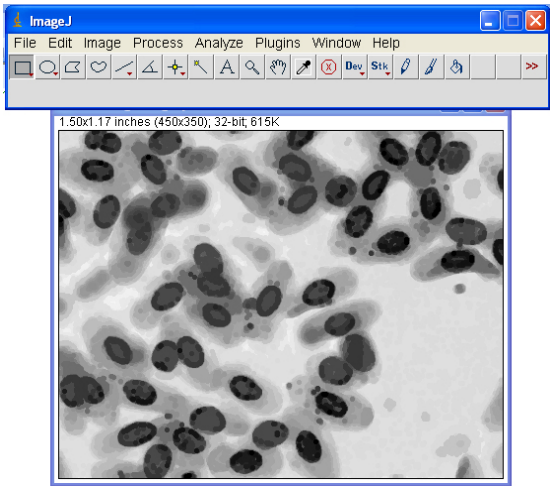
2. Comanda de filtrare a unei imagini: *Process -> Filters -> Minimum.*



3. Apare o fereastră de dialog în care se solicită introducerea razei vecinătăţii pixelilor care intră în calculul operaţiei morfologice. Dacă check-box-ul <<Preview>> este bifat, atunci orice modificare a razei este vizibilă în timp real în imaginea deschisă. La final, se apasă butonul *OK*.



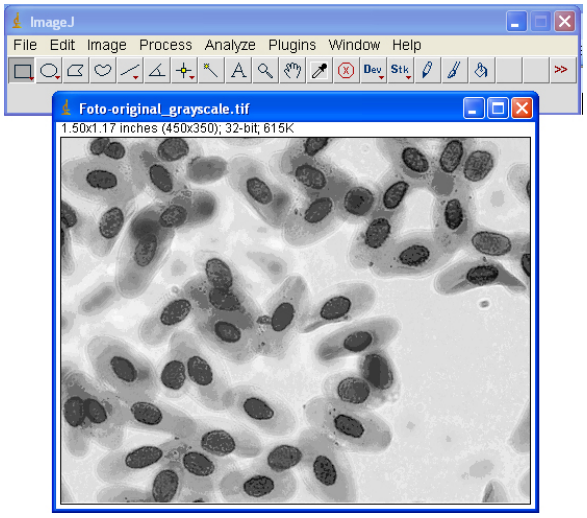
4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală.



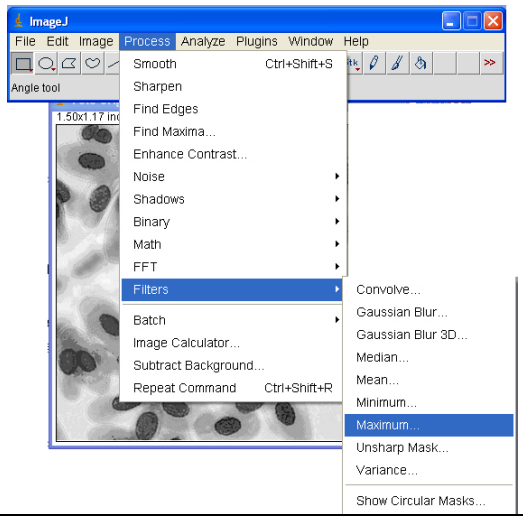
Acest filtru aplică operatorul morfologic de eroziune prin înlocuirea valorii fiecărui pixel din imagine cu cea mai mică valoare a pixelilor învecinaţi.

Aplicarea operatorului morfologic dilatare se realizează astfel: *Process -> Filters -> Maximum.*

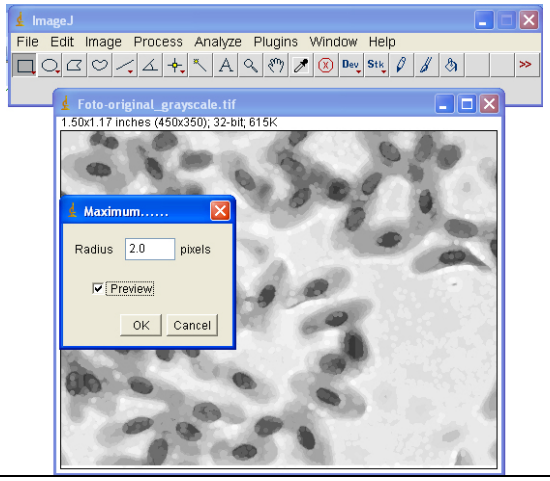
1. Se deschide o imagine (observaţi aspectul acesteia).



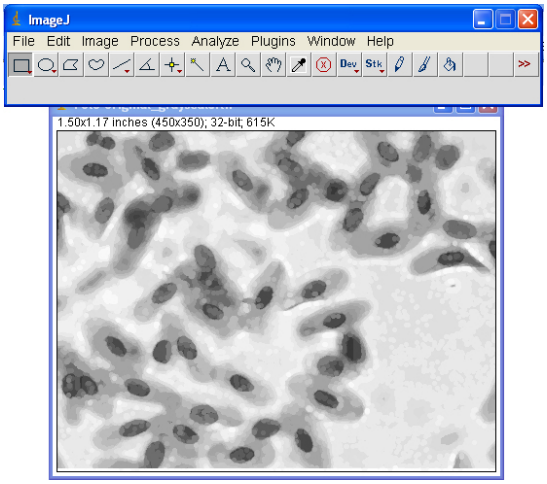
2. Comanda de filtrare a unei imagini: *Process -> Filters -> Maximum.*



3. Apare o fereastră de dialog în care se solicită introducerea razei vecinătăţii pixelilor care intră în calculul operaţiei morfologice. Dacă check-box-ul <<Preview>> este bifat, atunci orice modificare a razei este vizibilă în timp real în imaginea deschisă. La final, se apasă butonul *OK*.



4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală.

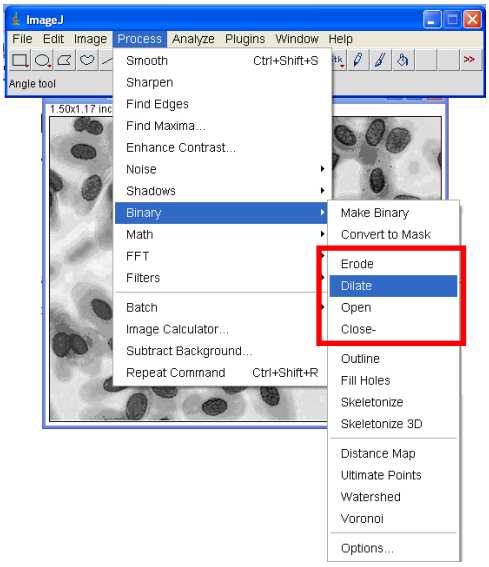


Acest filtru aplică operatorul morfologic de dilatare prin înlocuirea valorii fiecărui pixel din imagine cu cea mai mare valoare a pixelilor învecinaţi.

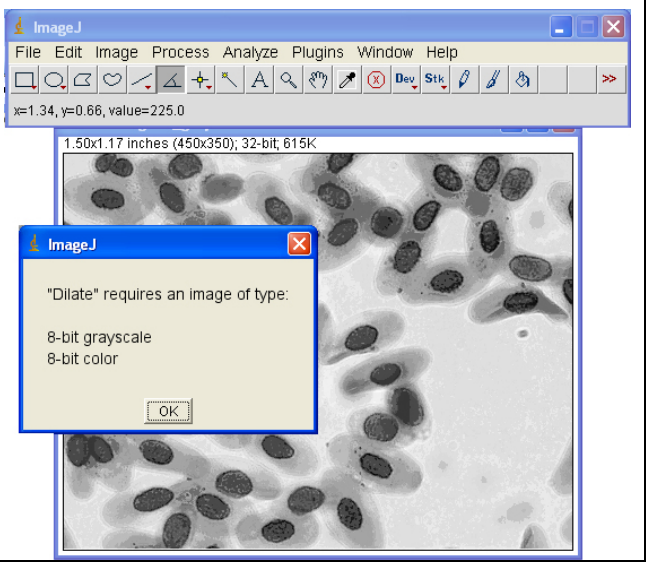
Cei doi operatori morfologici se pot combina în ordinea dilatare-erodare şi rezultă închiderea morfologică şi erodare-dilatare şi rezultă deschiderea morfologică. Pe baza deschiderii şi închiderii morfologice se definesc şi alte operaţii necesare în prelucrarea imaginilor.

Operaţiile prezentate anterior pot fi aplicate direct şi din meniul Binary, dar se pot folosi numai în cazul imaginilor 8-bit:

1. Deschideţi o imagine în tonuri de gri, codificată 32-bit. Comanda de lansare directă a operaţiei de dilatare a acesteia este: *Process -> Binary -> Dilate.*



2. Deoarece comanda a fost lansată pentru o imagine în tonuri de gri 32-bit, apare o fereastră de dialog prin care utilizatorul este notificat de faptul că operaţia solicitată necesită o imagine codificată 8-bit, fie în tonuri de gri, fie color.



Segmentarea unei imagini

Studiul unui anumit obiect din cadrul unei imagini implică evidenţierea conturului său prin intermediul procedurii de segmentare a imaginii. Segmentarea şi extragerea conturului reprezintă etape importante în analiza de imagine. Imaginile segmentate se folosesc cu precădere în multe aplicaţii diferite cum ar fi diagnosticarea, planificarea terapiei, localizarea leziunilor patologice, studiul structurilor anatomice, chirurgia computer-integrată. Segmentarea imaginilor reprezintă o sarcină dificilă datorită variaţiilor de formă ale obiectelor, precum şi de calitatea imaginilor achiziţionate. În general majoritatea imaginilor biomedicale sunt preluate cu artefacte de eşantionare, zgomot care duce la apariţia de erori când sunt aplicate metode stricte de prelucrare a imaginii.

Procesul de segmentare este considerat ca un proces de clasificare a obiectelor dintr-o imagine, iar într-o oarecare măsură este echivalent cu identificarea obiectului în sine, ca o consecinţă a segmentării diferitelor obiecte (realizarea fizică de clase sau modele abstracte) care sunt localizate perfect în cadrul imaginii digitale. Scopul segmentării este simplificarea reprezentării imaginilor în informaţie utilă prin partiţionarea în regiuni. Segmentarea imaginilor este o metodă folosită pentru a localiza anumite obiecte sau contururi într-o imagine.

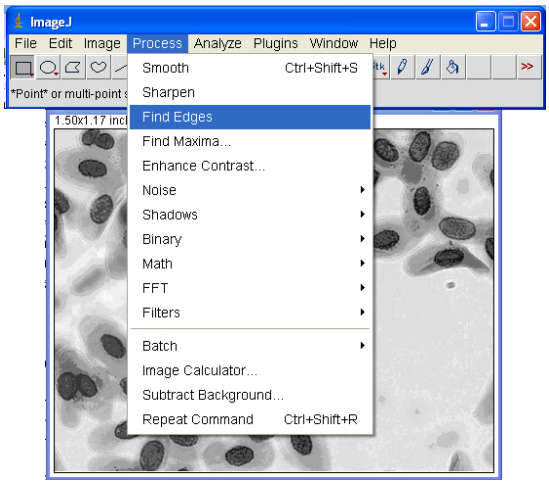
Pentru imaginile cu caracter medical au fost propuse mai multe metode de segmentare. Segmentarea obţinută cu ajutorul tehnicilor tradiţionale de procesare de bază a imaginii, cum ar fi valoarea de prag sau histograma, necesită intervenţia umană în vederea obţinerii de rezultate satisfăcătoare. Automatizarea acestor abordări este dificilă datorită complexităţii formei, umbrelor şi variabilităţii de la nivelul obiectelor individuale. Mai mult, zgomotul şi alte artefacte ale imaginii pot determina apariţia de regiuni şi contururi incorecte, sau discontinuităţi ale obiectelor obţinute prin intermediul aceste metode. Cu toate acestea, în pofida apariţiei unei suite de algoritmi de mare complexitate, segmentarea imaginii rămâne dependentă de aplicaţie, fără a putea fi identificată o soluţie unică pentru această provocare.

Conturul (perimetrul) unui obiect este definit ca ansamblul pixelilor obiectului respectiv care au cel puţin un vecin in afara obiectului.

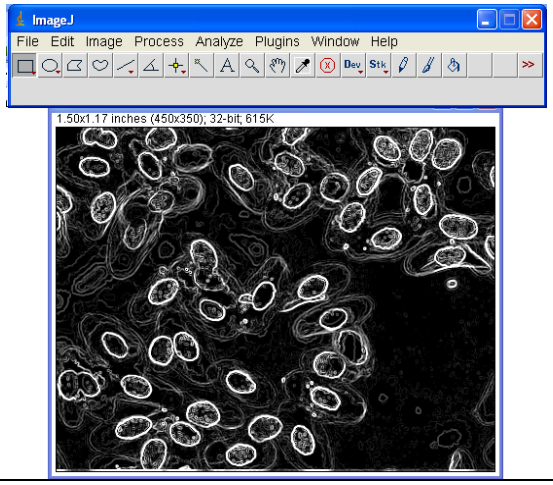
Segmentarea imaginilor prin această metodă constă în localizarea pixelilor care corespund contururilor obiectelor prezente în acea imagine. Ulterior, se presupune că numărul obiectelor prezente este egal cu numărul contururilor dintr-o imagine, în condiţiile în care un contur al unei zone sau al unei imagini este automat un contur închis. Pentru precizia segmentării, în cazul determinării unui obiect, perimetrul conturului detectat trebuie să fie aproximativ egal cu cel al obiectului din imaginea iniţială. Dificultatea metodei apare însă odată cu necesitatea de a defini un contur într-o imagine. Un contur sau o caracteristică liniară reprezintă o schimbare bruscă sau o discontinuitate a pixelilor pe o anumită direcţie din imagine.

Determinarea conturului în ImageJ se realizează astfel: *Process -> Find Edges*.

1. Comanda de determinare a contururilor unei imagini: *Process -> Find Edges*.

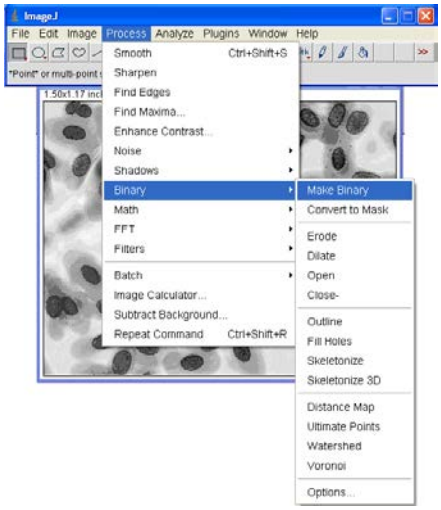


2. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală. Toate contururile dintre obiectele prezente în imagine au fost evidenţiate.

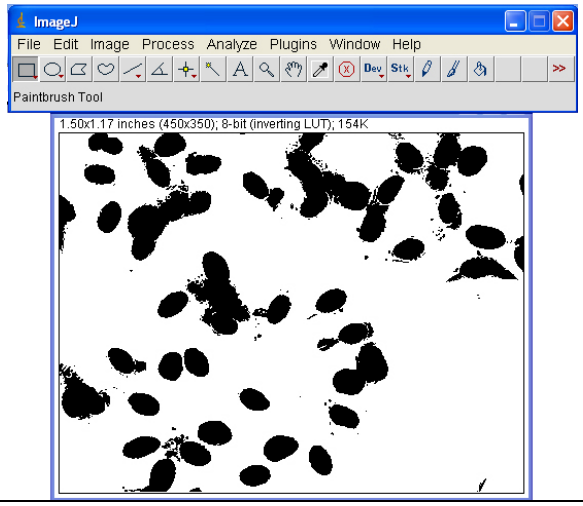


Detecţia contururilor oferă rezultate mai bune în cazul imaginilor alb negru. Pentru acest lucru, se realizează iniţial binarizarea imaginii (conversia într-o imagine alb-negru) şi ulterior detecţia contururilor.

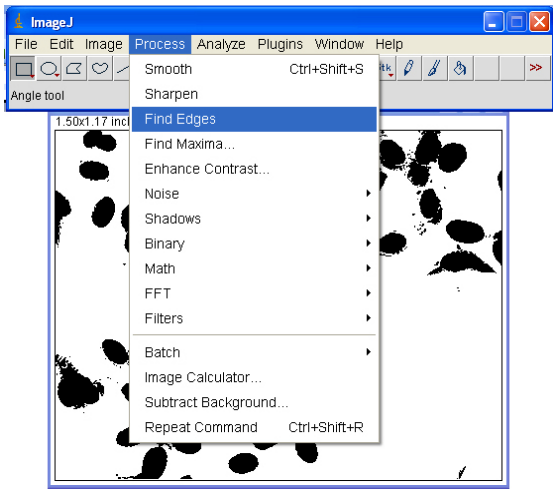
1. Comanda de binarizare a unei imagini: *Process -> Binary -> Make Binary*.



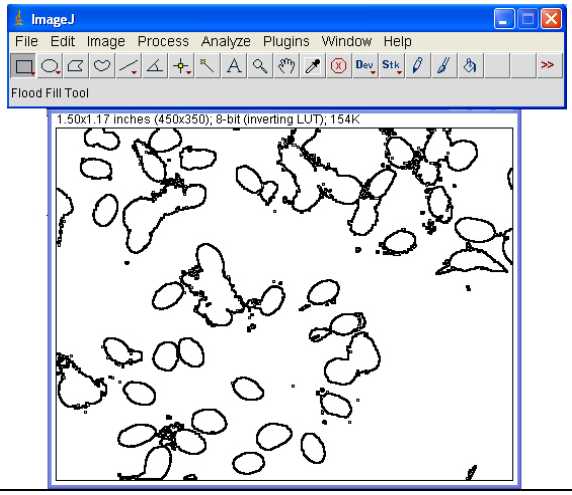
2. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală. Imaginea prezintă acum doar obiecte identificate cu negru.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
Paintbrush Tool
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

3. Lansaţi comanda de determinare a contururilor: *Process -> Find Edges*.

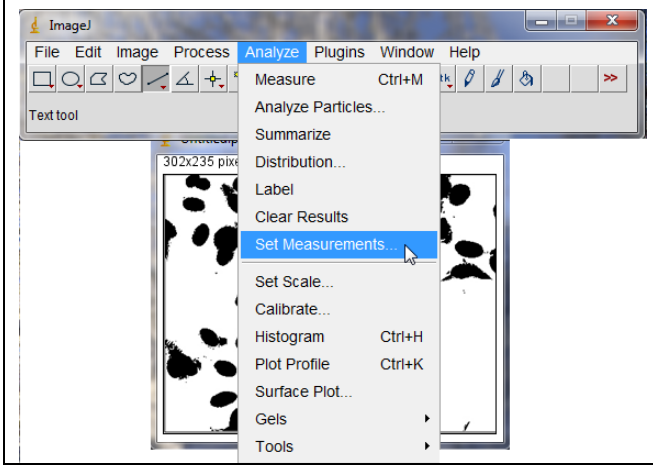
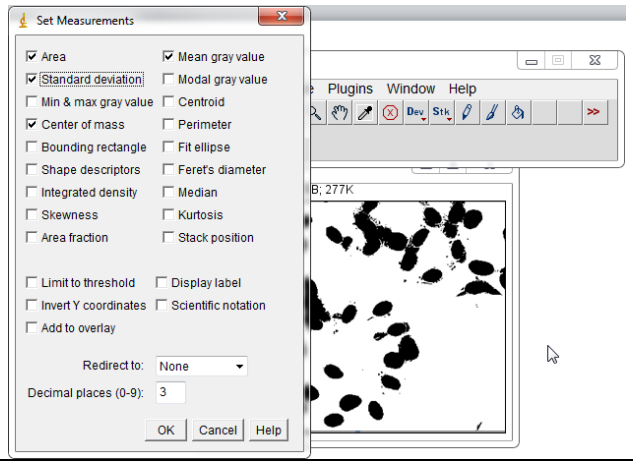


4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală. Contururile obiectelor prezente în imagine au fost clar evidenţiate.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
Flood Fill Tool
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

Măsurători

ImageJ permite realizarea unui set de măsurători statistice ale unei imagini. În funcţie de selecţia efectuată, aplicaţia calculează şi afişează într-un tabel rezultate legate de calcule statistice ale ariei, ale lungimii liniilor şi unghiurilor, sau ale coordonatelor. Măsurătorile efectuate pot fi selectate din fereastra de dialog <<Set measurements>> (*Analyze -> Set Measurements*).

1. Pentru selectarea măsurătorilor ce vor fi efectuate, se lansează comanda: *Analyze -> Set Measurements*.	2. Apare o fereastră de dialog în care se pot bifa o serie de măsurători dorite. La final, se apasă butonul *OK*.
	

Măsurătorile posibile sunt:

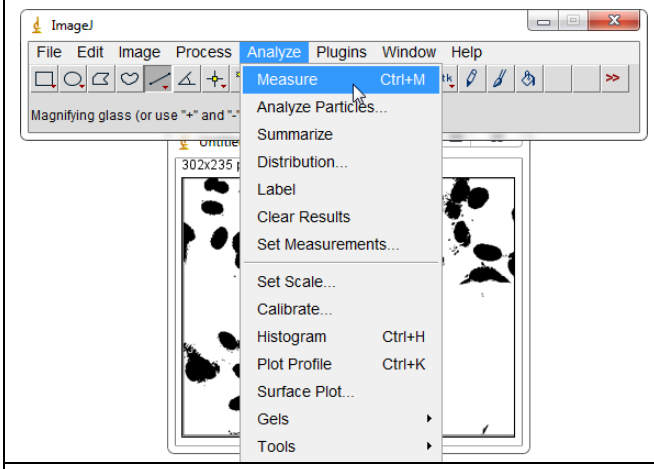
Area – aria selecţiei exprimată în pixeli^2 sau în unităţi de măsură^2 (mm^2, µm^2 etc.)
Mean gray value – valoarea medie a nivelurilor de gri din aria selectată. Aceasta reprezintă suma tuturor nivelurilor de gri din aria selectată, împărţită la numărul de pixeli. Pentru imagini RGB, media este calculată prin conversia fiecărui pixel în nivel de gri, folosind formula gri = (roşu + verde + albastru)/3.
Standard deviation – deviaţia standard a tonurilor de gri folosite pentru a calcula valoarea medie menţionată anterior.
Modal gray value – tonul de gri cel mai întâlnit în aria selectată. Corespunde vârfului histogramei.
Min & max gray level – nivelurile minim şi maxim ale tonurilor de gri din aria selectată.
Centroid – punctul central al ariei selectate. Este calculat ca fiind media coordonatelor x şi y ale tuturor pixelilor din aria selectată.
Center of mass – media luminozităţii tuturor pixelilor din aria selectată.
Perimeter – lungimea marginii exterioare a selecţiei. Perimetrul unei selecţii compuse este calculat prin descompunerea selecţiei în arii individuale. (Notă: perimetrul unei selecţii compuse poate să difere de suma perimetrelor individuale, datoritămetode de calcul diferite.)
Bounding rectangle – reprezintă cel mai mic dreptunghi care încadrează aria selectată.
Fit ellipse – reprezintă elipsa care încadrează aria selectată.
Shape descriptors – calculează şi afişează următorii descriptori de formă:

- **Circularity**: 4π * Arie / Perimetru^2 - valoarea 1.0 indică un cerc. Pe măsură ce valoarea se apropie de 0, indică o formă alungită.
- **Aspect ratio**: menţinerea proporţiilor elipsei care încadrează aria selectată.
- **Roundness**: inversul parametrului Aspect Ratio.
- **Solidity**: Arie / Arie convexă.

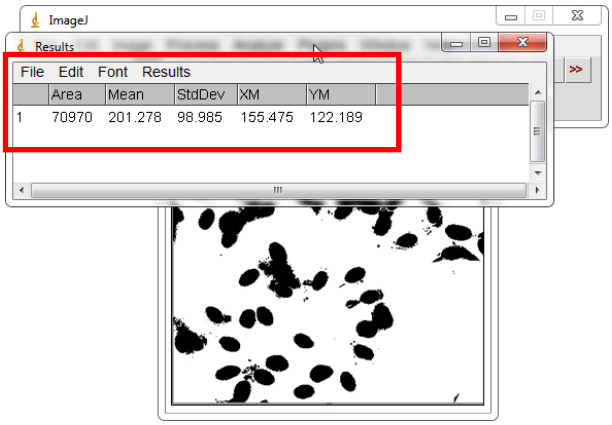
Feret's diameter: cea mai mare distanţă dintre oricare două puncte de pe conturul ariei selectate.
Integrated density – Suma valorilor pixelilor din aria selectată. Este echivalentul produsului dintre Arie şi Valoarea medie a nivelurilor de gri.
Median – valoarea mediană a pixelilor din aria selectată.
Skewness – momentul de ordin trei al mediei.
Kurtosis – momentul de ordin patru al mediei.
Area fraction – pentru imaginile care au valori de prag definite, reprezintă procentul pixelilor din aria selectată care au fost marcaţi cu roşu; pentru celelalte imagini, reprezintă procentul pixelilor cu valori diferite de zero.
Stack position – reprezintă poziţia în cadrul stivei de imagini.

Ulterior, pentru o anumită imagine, se pot determina valorile măsurătorilor selectate anterior.

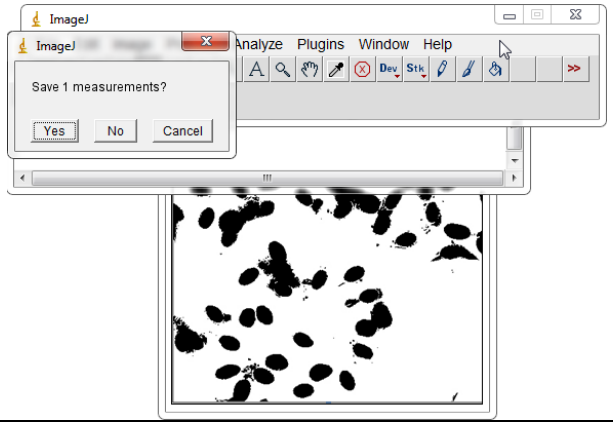
1. Comanda de determinare a valorilor măsurătorilor pentru o imagine: *Analyze -> Measure*.



2. Apare ulterior o fereastră de dialog în care sunt afişate, sub formă tabelară, valorile măsurătorilor selectate.

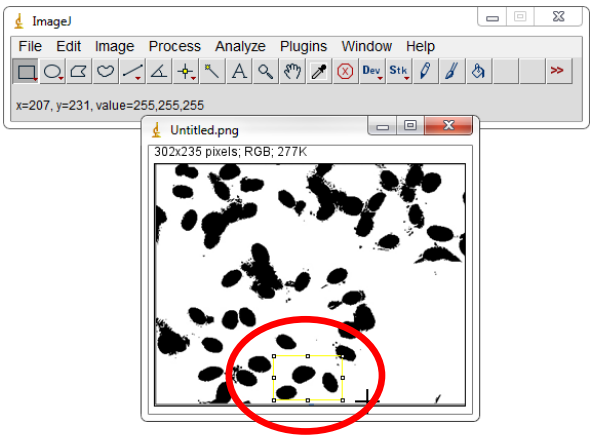


3. La închiderea acestei ferestre, utilizatorul este întrebat dacă doreşte salvarea măsurătorilor.

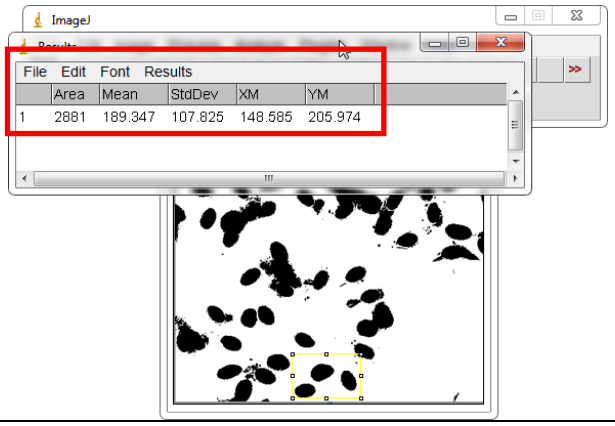


În cazul în care nu există o arie selectată, la comanda *Analyse -> Measure* se calculează valorile măsurătorilor selectate pentru întreaga imagine. Dacă înainte de lansarea comenzii se selectează o anumită arie, atunci măsurătorile se vor aplica doar acelei arii selectate.

1. Se selectează o anumită arie din imagine.



2. Se afişează valorile măsurate (prin comanda *Analyze -> Measure*). Acestea sunt valabile doar pentru porţiunea selectată.

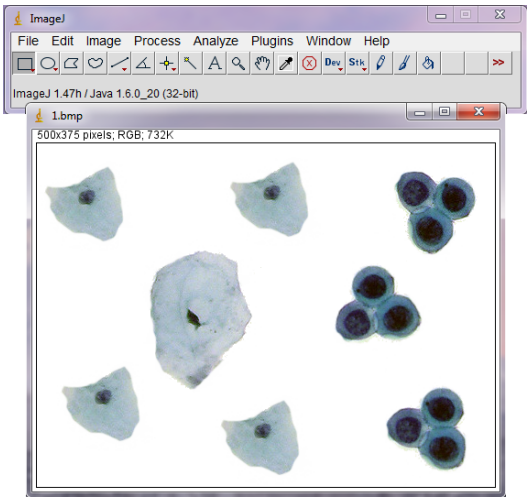


Exemple de utilizare

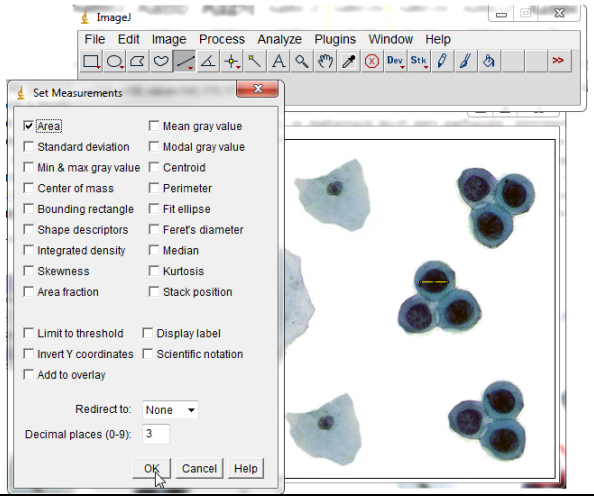
1. În cadrul patologiei ginecologice, screening-ul citologiei colului uterin este de mare importanţă pentru detectarea precoce a modificărilor potenţial maligne de la acest nivel. Celulele epiteliale se nasc din celulele bazale, apoi se maturează încet spre parbazale, intermediare şi în final devin celule superficiale (exfoliative). Diferenţierea între

aceste celule, pe lângă intensitatea culorii, se face în funcţie de raportul nucleu citoplasmă. În imaginea de mai jos sunt prezente câteva celule, în partea din stânga fiind celule superficiale cu nucleu mic picnotic, iar în partea din dreapta celule intermediare cu nucleul mare şi citoplasma mai redusă. Folosindu-ne de modificarea contrastului şi de setarea unui threshold oportun, se pot selecta iniţial nucleii, apoi nucleii şi citoplasma, astfel încât putem calcula raportul nucleu-citoplasma pentru cele 2 tipuri de celule.

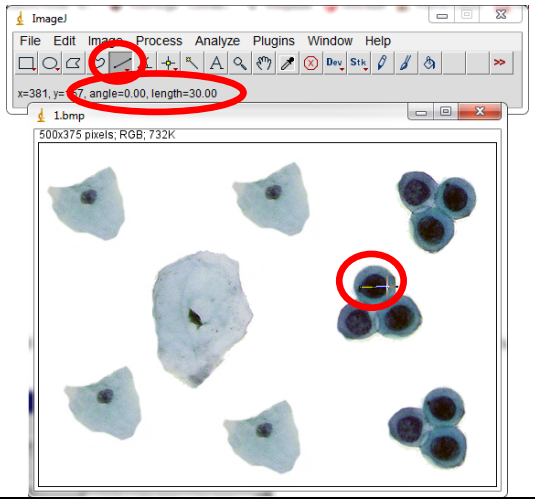
1. Se deschide o imagine relevantă.



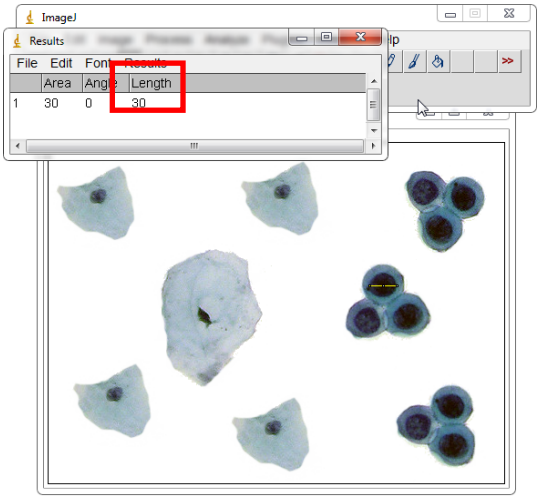
2. În fereastra de selecţie a măsurătorilor, se bifează doar aria. Se apasă *OK* şi fereastra dispare.



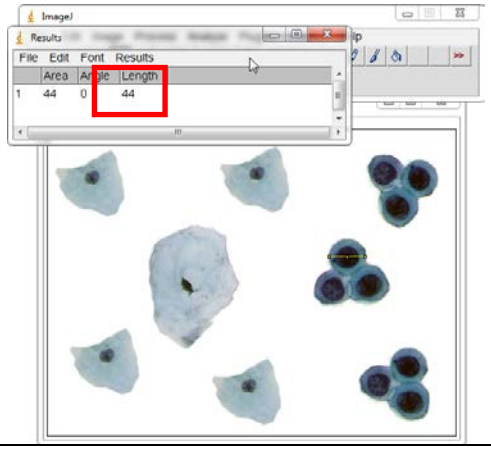
3. Se alege modul de selecţie *Linie* şi se trasează diametrul unui nucleu. În timpul desenării, apar în timp real unghiul şi lungimea liniei de selecţie.



4. Se afişează valoarea măsurătorii selectate (Arie) şi se obţine lungimea liniei trasate.



5. Se repetă aceeaşi operaţie pentru diametrul citoplasmei şi se afişează valoarea măsurată. Ulterior, se calculează raportul dintre cele două valori.



2. Atunci când nu este disponibilă unitatea de măsura pentru poze (nu avem calibrarea), se poate realiza o calibrare aproximativă a unei imagini, măsurând elemente cărora le ştim dimensiunea. Astfel, ştim deja ca diametrul mediu al unei hematii este de aproximativ 7 microni. Măsurând diametrul a 10-15 hematii, putem astfel face o calibrare aproximativă. Împărţim 7 microni (dimensiunea normală a unei hematii) la media dimensiunii hematiilor măsurate. Aflam astfel câţi microni are un pixel din imagine. Totuşi, având în vedere că există modificări patologice ale dimensiunii hematiilor - ca în anemii - calibrarea poate avea mult de suferit. În unele cazuri, din păcate este tot ce avem.

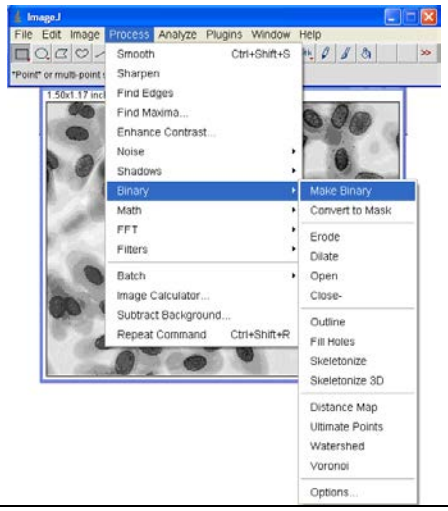
Analiza particulelor

Comanda *Analyze -> Analyze particles* - numără şi măsoară obiectele din cadrul unei **imagini binare** (sau care are definite valori de prag *Image -> Adjust -> Threshold*). Analiza este realizată asupra ariei selectate sau asupra întregii imagini, în cazul lipsei selecţiei. Etapele sunt următoarele: se scanează selecţia (sau imaginea) până când se întâlneşte marginea unui obiect; se evidenţiază conturul acelui obiect folosind Bagheta Magică şi se efectuează măsurătorile selectate; se umple acel obiect pentru a nu îl mai scana a doua oară şi se continuă scanarea în căutarea unui nou obiect, până la atingerea marginii selecţiei (sau imaginii). Acestea se realizează intern, fiind transparente pentru utilizaror.

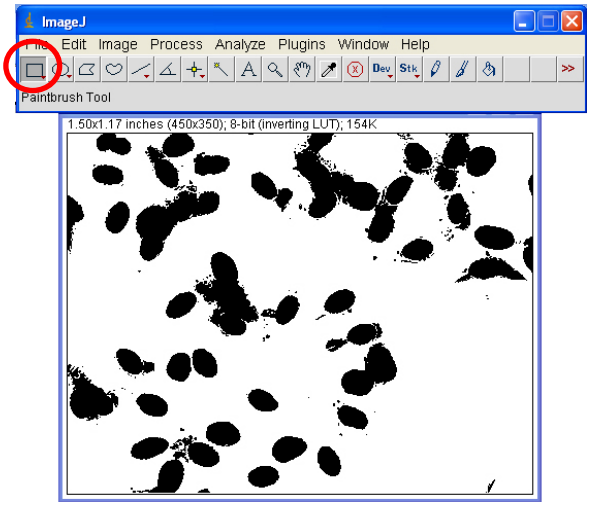
Pentru a testa această opţiune a programului ImageJ, se parcurg paşii următori:

- se binarizează imaginea
- se aleg următoarele măsurători: Standard Deviation, Min & max gray value; Perimeter (vezi imaginea de mai sus)
- se selectează o zonă restrânsă
- se calculează măsurătorile

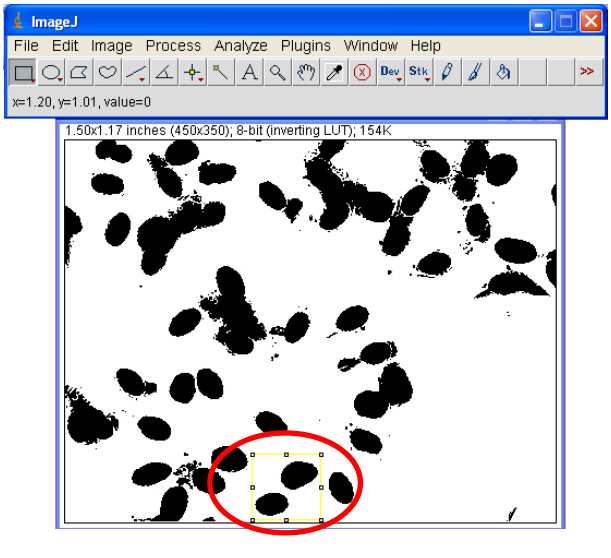
1. Comanda de binarizare a unei imagini: *Process -> Binary -> Make Binary*.



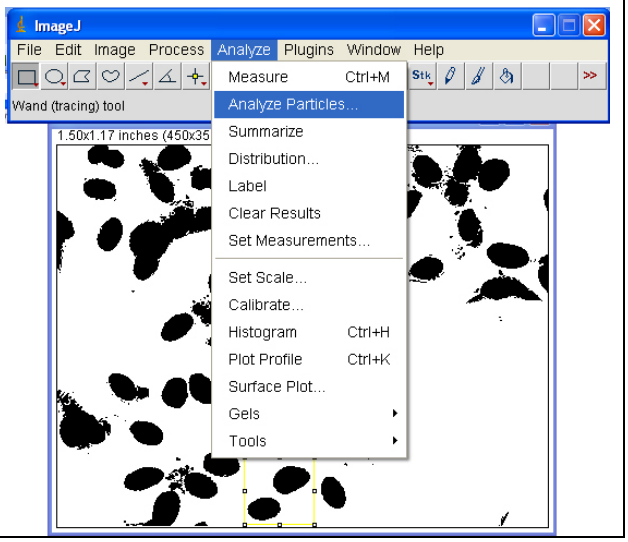
2. Se alege modul de selecţie rectangular.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
Paintbrush Tool
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

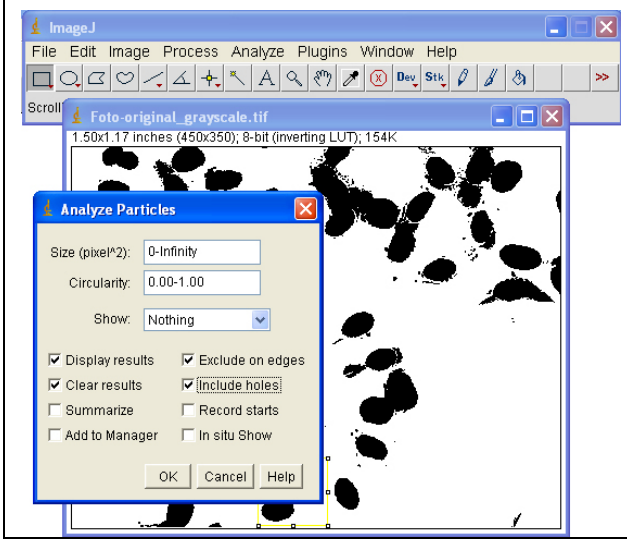
3. Se selectează o porţiune din imagine.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
x=1.20, y=1.01, value=0
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

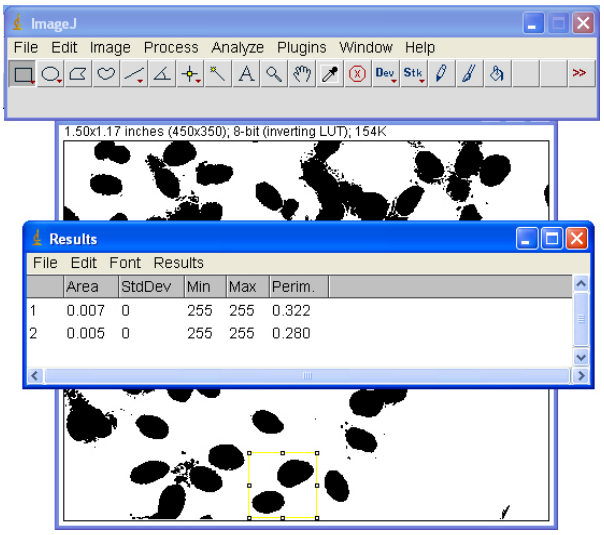
4. Comanda de analiză a particulelor: *Analyze -> Analyze particles*.



5. Apare o fereastră de dialog care prezintă parametrii de analiză. Se aleg opţiunile dorite (nu uitaţi să bifaţi opţiunea <*Display results*> pentru afişarea rezultatelor) şi la final se apasă butonul *OK*.

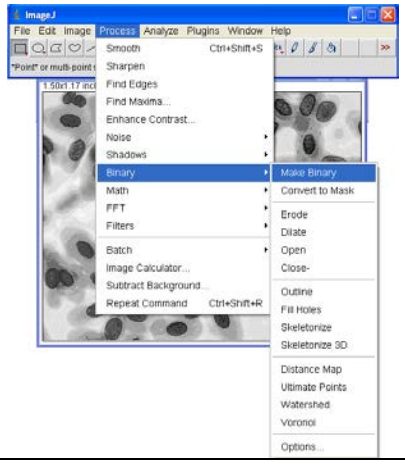


6. După apăsarea butonului OK apare o fereastră de dialog care prezintă rezultatul analizei.

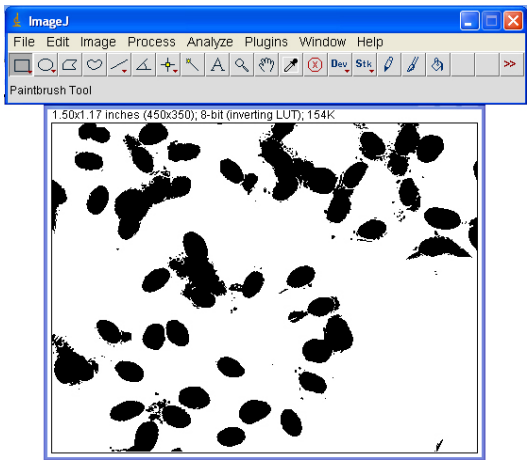

ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K
Results
File Edit Font Results
Area StdDev Min Max Perim.
1 0.007 0 255 255 0.322
2 0.005 0 255 255 0.280

Scheletizarea este reprezentată de reducerea obiectelor la linii, fără a schimba radical structura imaginii. Se aplică doar imaginilor binare astfel: *Process -> Binary -> Scheletonize*.

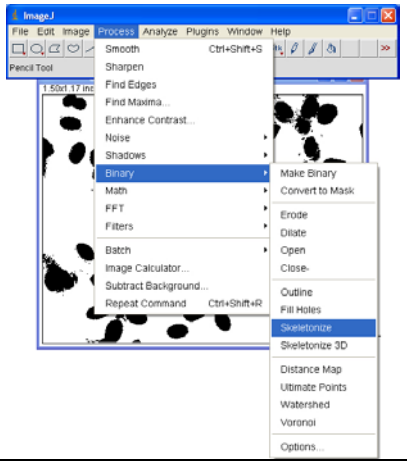
1. Iniţial se binarizează imaginea dorită (*Process -> Binary -> Make Binary*).



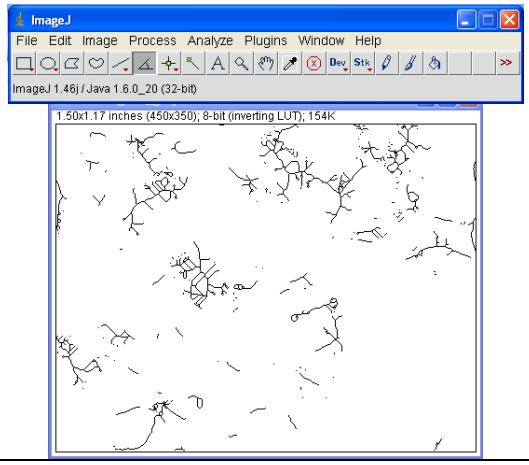
2. Se obţine o imagine alb-negru.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
Paintbrush Tool
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

3. Comanda de scheletizare a unei imagini binare: *Process -> Binary -> Scheletonize*



4. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea binară.


ImageJ
File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help
ImageJ 1.46j / Java 1.6.0_20 (32-bit)
1.50x1.17 inches (450x350); 8-bit (inverting LUT); 154K

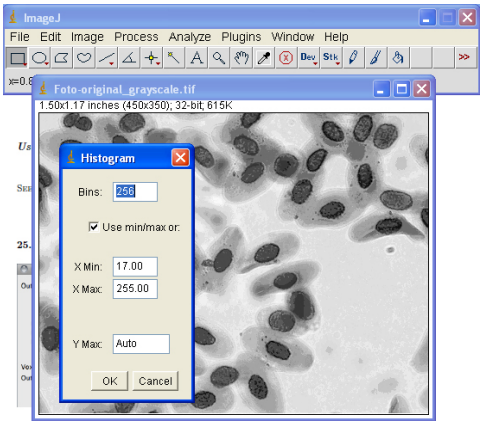
Afişarea histogramei unei imagini

Histograma unei imagini reprezintă distribuţia nivelurilor de gri în cazul imaginilor în tonuri de gri, sau a nivelurilor celor trei canale în cazul imaginilor RGB, în cadrul imaginii. Pentru o imagine pe 8 biţi, histograma va afişa numărul de pixeli pentru fiecare valoare de culoare posibilă (256 valori). Utilitatea histogramei este evidentă în prelucrarea imaginilor capturate direct în format digital. Evaluarea unei imagini cu ajutorul histogramei permite o apreciere rapidă a paşilor necesari pentru a îmbunătăţi calitatea imaginii.

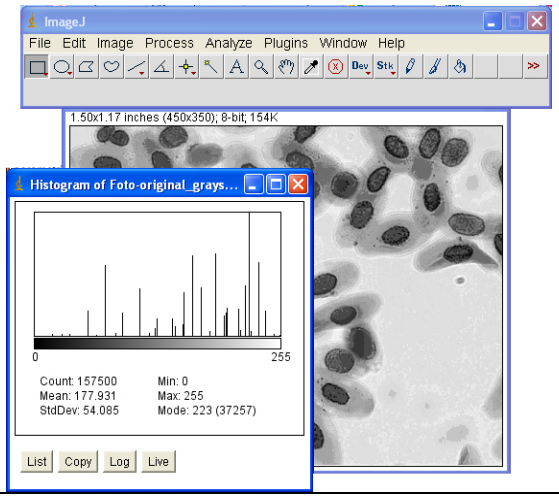
Comanda *Analyze -> Histogram* determină afişarea histogramei unei imagini.

1. Comanda de afişare a histogramei unei imagini: *Analyze -> Histogram*.

2. Ulterior, apare o fereastră de dialog cu opţiuni referitoare la caracteristicile histogramei. După setările dorite, se apasă butonul *OK*.

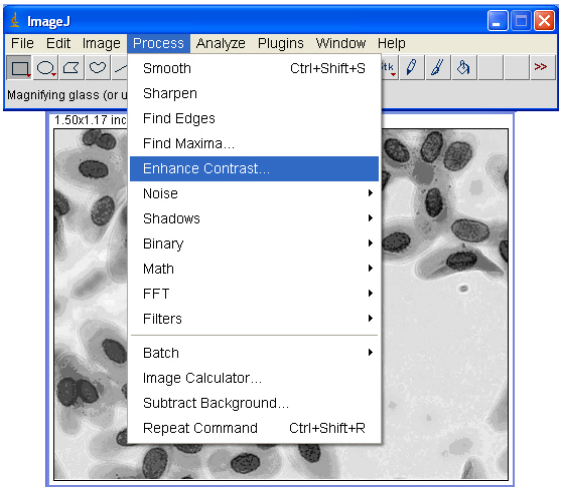


3. Ulterior apăsării butonului OK, apare graficul asociat histogramei, într-o nouă fereastră de dialog

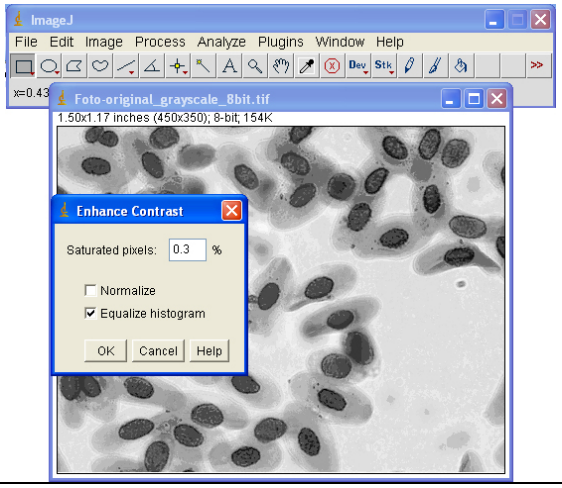


O prelucrare clasică a imaginilor digitale o reprezintă îmbunătăţirea contrastului prin egalizarea histogramei. Acest lucru se realizează astfel:

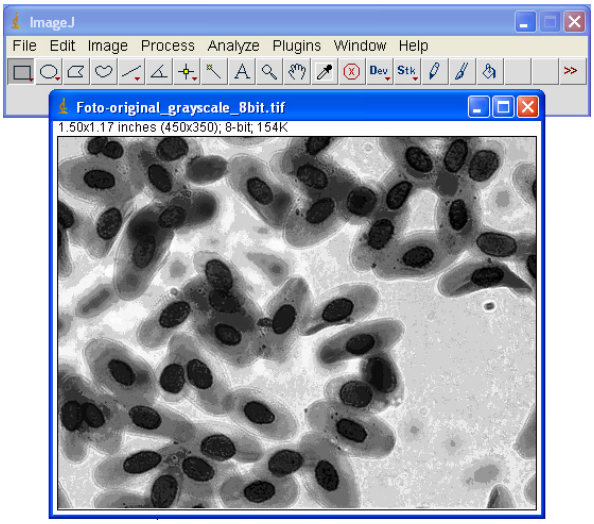
1. Comanda pentru îmbunătăţirea contrastului: *Process -> Enhance Contrast.*



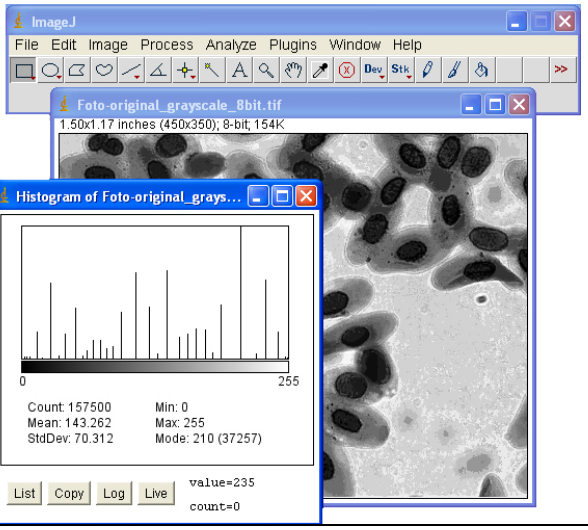
2. Apare o fereastră de dialog în care se bifează opţiunea <<*Equalize histogram*>>. La final, se apasă butonul *OK*.



3. După apăsarea butonului OK, contrastul imaginii originale este modificat. Observaţi diferenţele dintre imaginea obţinută în urma prelucrării şi imaginea originală.



4. Afişaţi din nou histograma imaginii (*Analyze -> Histogram*) şi observaţi diferenţele dintre aceasta şi histograma imaginii originale (afişată la punctul anterior).



Comparaţi histograma curentă cu cea obţinută anterior.

Alte operaţii interesante, ca exerciţii

Alegeţi o imagine şi exersaţi prelucrările disponibile în ImageJ asupra variantei color, în tonuri de gri sau binare (alb-negru). Observaţi diferenţele.

BIBLIOGRAFIE

TĂRÂŢĂ MIHAI (2010), Informatică medicală, SITECH, Craiova ISBN 978-606-530-816-9, vol. I şi II, 568 pagini, Cap. Analiza si prelucrarea imaginilor medicale